

## As células de produção no canteiro de obras sob a perspectiva dos sistemas complexos

### The production cells at construction sites from the complex systems perspective

---

Mario Leonardo Torquato \* – [mariotorquato@gmail.com](mailto:mariotorquato@gmail.com)

Bruna Barbosa Fantoni \* – [brufantoni@gmail.com](mailto:brufantoni@gmail.com)

Alfredo Iarozinski Neto \* – [alfredo.iarozinski@gmail.com](mailto:alfredo.iarozinski@gmail.com)

\*Universidade Tecnológica Federal do Paraná – (UTFPR), Curitiba, PR

---

#### Article History:

Submitted: 2016 - 04 - 18

Revised: 2016 - 06 - 08

Accepted: 2016 - 06 - 21

---

**Resumo:** A Teoria da Produção Enxuta tem sido amplamente aplicada na indústria manufatureira nas últimas décadas, provando ser muito eficiente. Em vista disso, a indústria da construção civil passou a empregar os conceitos do lean em seus sistemas de produção, no entanto, ainda são pouco utilizados nesse setor. Este artigo discute questões relacionadas a células de produção e sistemas complexos onde são conceituados esses dois assuntos, abordando suas principais características. Como objetivo principal, correlacionam-se células de produção e sistemas complexos a partir da abordagem sistêmica. Concluiu-se que a abordagem sistêmica pode contribuir de maneira eficaz na observação de problemas complexos e que as células de produção multiespecializadas e autônomas podem contribuir significativamente para se otimizar os processos dos canteiros de obra.

**Palavras-chave:** Produção enxuta; Lean construction; Células de produção; Teoria geral de sistemas; Sistemas complexos

**Abstract:** The lean production's theory has been broadly applied to the manufacturing industry in the last decades and has proved to be very effective. Therefore, the civil engineering industry has also tried to apply the lean principles to its production systems, but there is a lot yet to be discussed. The aim of this paper is to contribute to this discussion by analyzing the production cells and the complex system's theory from a systemic approach. The conclusion of this paper is that the systemic approach may contribute effectively at the identification of complex systems and that the multi-specialized and unattended production cells may largely contribute to optimize the processes at construction sites.

**Keywords:** Lean production; Lean construction; Production cells; General systems theory; Complex systems

## 1. Introdução

Por muitos anos a indústria manufatureira tem sido tomada como modelo para a realização de inovações na indústria da construção. Sistemas integrados de produção e a automatização têm sua origem em outras indústrias e sua aplicação encontra-se muito desenvolvida se comparada com a da construção.

Como consequência da busca pelo melhoramento dos processos da indústria da construção, surge a filosofia *lean construction*, cujos métodos aplicados na construção

buscam a otimização de recursos, custos e tempo tendo como base conceitual a Teoria *Lean* de Produção.

A partir de uma pesquisa exploratória, baseada principalmente em revisão bibliográfica, este estudo tem como objetivo principal, buscar através dos conceitos de produção *lean*, da abordagem sistêmica (sistemografia) e sob o foco dos sistemas complexos de produção, definir as diretrizes para um modelo referencial de célula de produção na indústria da construção civil. Em função disso, os objetivos específicos são: (i) caracterizar a teoria *lean construction*; (ii) caracterizar a abordagem sistêmica; e (iii) relacionar modelo de células de produção da manufatura às células de produção na construção civil.

A hipótese de pesquisa apresenta-se da seguinte forma: a experiência das células de produção na indústria manufatureira e as peculiaridades do funcionamento de sistemas complexos podem contribuir para obter um modelo viável e aperfeiçoado de células de trabalho mais adequadas às características da construção civil.

## 2. Revisão bibliográfica

Esta seção tem o propósito de apresentar a fundamentação teórica da pesquisa. Consolida assuntos relacionados à Produção Enxuta na construção civil, células de produção na manufatura e na construção civil e sistemografia.

### 2.1. Filosofia *lean*

O conceito *Lean Thinking* (ou Mentalidade Enxuta), surgiu no ambiente de manufatura, mais especificamente na indústria automobilística e baseia-se no Sistema Toyota de Produção (TPS), idealizado por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda depois da Segunda Guerra Mundial. Trata-se de uma filosofia e estratégia de negócios para aumentar a satisfação dos clientes através da melhor utilização dos recursos (Lean Institute Brasil, 2015).

Para Shingo (1996) a ideia central do Sistema Toyota de Produção é promover um fluxo harmônico dos materiais entre os postos de trabalho, produzindo componentes nas quantidades e nos momentos em que são necessários. Para tanto, a comunicação entre postos de trabalho deve ser promovida de forma eficiente.

Segundo Ohno (1997) a base do sistema é a absoluta eliminação do desperdício, tendo como pilares o *just in time*, método em que algo somente é produzido no momento necessário, e a autonomia, ou seja, automação com interferência humana.

Este sistema de produção está orientado fundamentalmente a eliminar as perdas nos processos produtivos, considerando como perdas, em geral, tudo aquilo que não gera valor ao produto final (Botero *et al.*, 2003).

### 2.1.1. Filosofia lean na construção civil

Com o objetivo de adequar o modelo de gerenciamento de produção do STP à indústria da construção civil, o estudo pioneiro de Lauri Koskela em 1992, intitulado “*Application of the New Production Philosophy to Construction*”, buscou fundamentar uma teoria que contemplasse os conceitos do *Lean Thinking*, chamando-a de “*Lean Construction*” (ou Construção Enxuta).

Esta nova filosofia surge em contraponto ao modelo tradicional, criticado por Koskela (1992), afirmando que seus métodos de gerenciamento violam os princípios de fluxo e melhoria, havendo como consequência consideráveis desperdícios na construção, que é invisível em termos totais.

Para Alarcón (1997), a indústria da construção é diferente da indústria manufatureira, onde o ritmo de produção é fundamentalmente regido de informações e fluxos de recursos. Isto se deve a grande variedade de área de trabalho, uso intenso de mão de obra e de equipamentos não estacionários.

O modelo de processo da construção enxuta assume que um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto final, constituído por atividades de transporte, espera, processamento ou conversão e inspeção. As atividades de transporte, espera e inspeção não agregam valor ao produto final, sendo denominadas atividades de fluxo (Isatto *et al.*, 2000).

Embora somente as atividades de conversão agreguem valor ao processo, o gerenciamento das atividades de fluxo constitui uma etapa essencial na busca do aumento dos índices de desempenho dos processos produtivos (Koskela, 1992).

O fluxo contínuo é a produção de uma peça de cada vez (ou um lote pequeno de itens), sendo que cada item passa de um processo para o seguinte, sem interrupção. Ou seja, cada processo produz apenas o que é exigido pelo processo seguinte ou cliente final sem geração de estoque (Shook e Rother, 1999).

## 2.2. As células de produção

Segundo Rother e Harris (2002) uma célula é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem sequencial, através do qual as partes são processadas em um fluxo contínuo.

Conforme definição técnica do *Lean Institute* do Brasil (2015) a célula é o local em que “as etapas do processamento acontecem imediatamente umas após as outras, de modo que as peças, documentos etc., possam ser processados em um fluxo muito próximo de contínuo, seja uma unidade por vez ou em pequenos lotes, mantido ao longo da sequência completa de processamento”.

O trabalho organizado em células de produção elimina desperdícios de espera de fabricação dos itens, superprodução, defeitos de qualidade, processos desnecessários. A adoção das células aumenta a flexibilidade do sistema produtivo e diminui a necessidade de estoque em processo entre células, pois há uma conversão mais rápida dos itens em produtos acabados (Tubino, 1999).

Dentro do ambiente da célula de manufatura cada operário deve receber treinamento em várias funções e estar apto a realizar várias das operações requeridas dentro do processo, atingindo um nível de polivalência, permitindo aos operários o entendimento de todo o processo. Este entendimento cria um estoque de capacidade, de forma que as mudanças na demanda podem ser tratadas com maior efetividade, pois, consegue-se dessa forma um aumento na flexibilidade do sistema (Moser e Santos, 2003).

### 2.2.1. Células de produção na construção civil

Tradicionalmente os serviços realizados nas obras de construção civil são divididos de forma que cada equipe realize um tipo de trabalho, o que acarreta interrupção no fluxo de produção e considerável tempo de espera entre as atividades. A execução de um serviço de cada vez por equipes especializadas tem como consequência a transferência de defeitos sempre para frente em vez de serem resolvidos quando são detectados, devido à falta de compromisso dos operários para o serviço seguinte.

Diferentemente das linhas de montagem do chão de fábrica, onde as células de produção são fixas e o produto segue um fluxo contínuo, na construção civil as células de produção são móveis enquanto o produto é estacionário, atuando, assim, por meio de um fluxo contínuo em torno do produto.

A expectativa com a implementação de células de produção organizadas em um canteiro de obras é otimizar tanto os tempos de processamento (o qual agrega valor ao produto) quanto os tempos de espera e transporte (os quais não agregam valor), ou seja, garantir o fluxo contínuo de produção.

Alguns pesquisadores trataram sobre a questão das células de produção na indústria da construção civil com diferentes abordagens, tais como Mariz e Picchi (2014) aplicado à execução de revestimentos de fachada, Gonzalez e Junglez (2003) tratando ferramentas de qualidade em células de produção em canteiros de obra, Moser e Santos (2003) a adoção de célula como estratégia de implementação de *lean production* e Tavares *et al.* (2004) a constituição de células de trabalho na programação de obras em edifícios.

Ugulino (2011) aponta através de um estudo abordando a implementação de células de produção em um canteiro de obras, expressivos ganhos como o aumento da produtividade, redução de tempos de ciclo em torno de 25%, economia com pessoal, elevação do índice de satisfação com o produto e ainda motivação dos colaboradores.

### 3. A abordagem sistêmica

O método de utilizado nesta pesquisa é o método da abordagem sistêmica. A abordagem sistêmica pressupõe uma estratégia de ação com o objetivo de gerar o entendimento de um fenômeno, com base nos preceitos da teoria geral de sistemas, ajudando a descrever a complexidade organizada e destaca a interdependência dos elementos de um sistema (Massa, 2002).

As etapas necessárias para a condução deste trabalho são apresentadas na Figura 1.

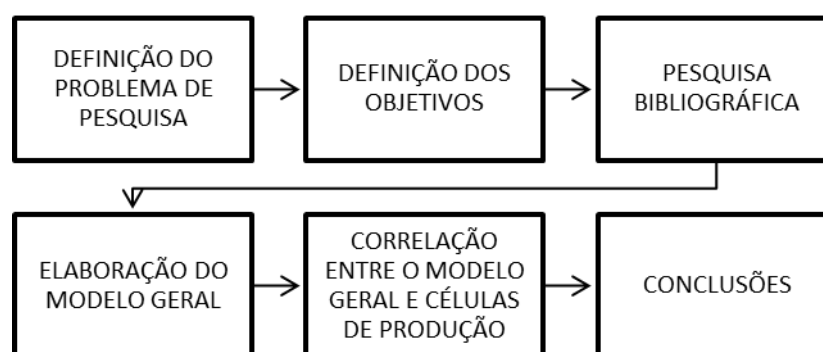


Figura 1 – Etapas metodológicas

Para Le Moigne (1977) é mais simples compreender o problema de pesquisa através de uma abordagem sistêmica partindo da construção de um modelo geral que servira como balizador (referencial teórico) para o problema em questão.

Desta forma a abordagem sistêmica pratica a interdisciplinaridade porque cria uma base conceitual comum que permite que desenvolvimentos em uma área de conhecimento possam ser aplicados em outras áreas (Iarozinski Neto, 2010).

### *3.1. O método sistêmico*

Foi a partir do estudo na análise funcional e na reorganização de processos com base nos fundamentos da teoria dos sistemas que Le Moigne (1990) descreveu os conceitos básicos sobre o método chamado “Sistemografia”. Segundo Le Moigne (1990) “sistemografia” é a capacidade do sistema de agir como um instrumento para modelar objetos.

A palavra-chave da sistemografia é a concepção do modelo e sua representação por meio de signos (Iarozinski Neto, 2010).

Conforme o autor citado anteriormente, a sistemografia deve ser apresentada em uma sequência de etapas, que nortearão o processo, mas que não devem ser apresentadas como algo estático e programado, visto que podem ser adaptadas e alteradas no decorrer da pesquisa. As principais etapas da sistemografia são:

- ✓ Identificar o fenômeno – nesta etapa o pesquisador/observador deve definir o contexto de pesquisa, identificar o sistema, os sistemas relacionados, o ambiente imediato e geral, as fronteiras de cada sistema;
- ✓ Desenvolver o modelo geral de referência – é um modelo de base conceitual que agrega todos os conhecimentos acessíveis ao pesquisador/observador que possam ser utilizados para observar o fenômeno identificado;
- ✓ Observar a realidade por isomorfismos com base no modelo de referência – o conhecimento agregado no modelo passa a ser utilizado para observar o fenômeno real que está sendo estudado;
- ✓ Desenvolver modelos da realidade – a realidade é representada por modelos que permitam torná-la mais inteligível aos olhos do pesquisador / observador; e
- ✓ Agir sobre a realidade de forma que ela se aproxime dos objetivos do pesquisador/observador.

As etapas da sistemografia também são apresentadas na Figura 2.

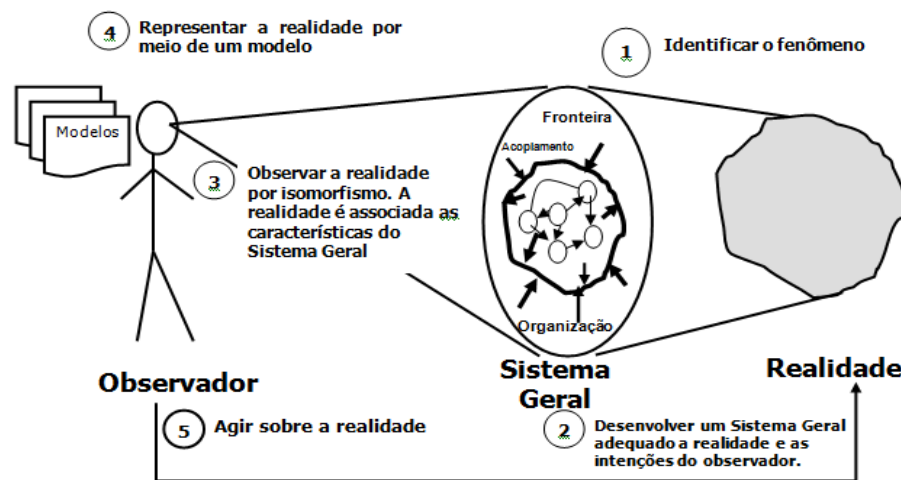


Figura 2: Etapas da sistemografia  
Fonte: Iarozinski Neto (2010)

### 3.2. Sistemas complexos

Em um trabalho publicado em 1962, com o título "A arquitetura da complexidade", Simon lançou as bases para o estudo das estruturas dos sistemas complexos. Estes estudos são úteis para compreender como os sistemas complexos se formam. Estudos mais recentes nos trouxeram novos conceitos que contribuíram para ampliar as potencialidades do modelo proposto por Simon e explicar as características singulares da estrutura dos sistemas complexos (Simon, 1969).

A estrutura de um sistema influencia o seu comportamento. Ela pode inibir ou estimular alguns comportamentos ou propriedades da organização, tal como a auto-organização. Ela determina a percepção do contexto, a interpretação e o processo de tomada de decisão.

De acordo com Simon (1969) os sistemas complexos se organizam em estruturas hierárquicas multiníveis. Todos os níveis são constituídos por conjuntos de subsistemas que têm certa estabilidade. A fronteira de cada subsistema pode ser identificada pela intensidade de inter-relações. Assim, o observador pode distinguir inter-relações intensas entres os elementos que formam os subsistemas e inter-relações menos intensas entres os subsistemas. Este tipo de representação foi chamado de arquitetura "quase decomponível".

O mesmo autor explica que a palavra "hierarquia" não é o termo mais adequado para expressar suas intenções. É necessário utilizar duas noções para explicar a "arquitetura" de

um sistema complexo: a heterarquia e a arborescência. A heterarquia prevê a existência de uma sucessão níveis, um englobando o outro, sem que haja uma relação de autoridade formal entre eles (Figura 3).

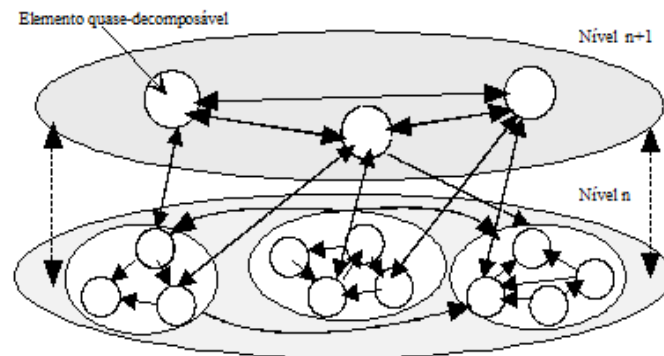


Figura 3 – Heterarquia  
Fonte: Simon (1969)

Este tipo de estrutura “quebra” a relação entre a complexidade e o tamanho do sistema e a tarefa da gestão torna-se mais abordável. A complexidade de uma estrutura quase decomposta, no interior do sistema, fica quase independente de seu tamanho global. Cada unidade quase decomposta tem necessidade de informações detalhadas somente relativas às atividades de sua própria unidade, e de um complemento de informação sobre o estado global das outras unidades (Simon, 1969).

Os níveis inferiores são enquadrados pelo nível superior em uma estrutura do tipo hierárquico. Porém, como o destacou Simon (1969) no caso dos sistemas complexos, não existe uma relação de autoridade formal entre níveis como é expressa o termo “hierarquia”. A influência que os níveis superiores exercem sobre os níveis inferiores se estabelece em função das competências e do horizonte de suas ações e não em função de sua posição no organograma da organização.

A estrutura heterárquica forma uma rede de unidades que cooperam para realizar objetivos dos níveis a que pertencem. A cooperação acontece a partir da existência de objetivos comuns e competências que são complementares na busca destes objetivos. As unidades buscam atender os objetivos compartilhando informações e recursos.



#### 4. Correspondências entre o modelo de sistemas complexos e células de produção

A finalidade desta seção é relacionar por isomorfismos as características necessárias às células de produção para a construção com a organização clássica das células de manufatura e com propriedades dos sistemas complexos. O objetivo é obter um conjunto de recomendações para o funcionamento de células de produção para a construção.

##### 4.1. Composição das células

Através da correlação às células da manufatura, uma célula de produção ideal deve ser “multiespecializada”, ou seja, contar não somente com operários de mesma especialidade. Assim, uma equipe formada por pedreiro, servente, azulejista ou carpinteiro tem maior capacidade de se adaptar a condições adversas do que uma equipe formada por pedreiro e somente serventes.

Tão importante quanto, equipes multidisciplinares têm probabilidade de resolverem mais facilmente dificuldades encontradas na execução das obras, dependendo menos de soluções provenientes de escalões superiores, o que pode ocasionalmente resultar em tempo de espera (sem produção de valor).

A diversificação de especialidades e também de experiência dentro de uma célula fomenta também o aprendizado mútuo entre os operários, permitindo que um trabalhador substitua outro sem necessitar deslocar um operário de outra célula e também que o profissional cresça profissionalmente.

Estudo de aplicação de células de produção realizado por Mariz e Picchi (2014) apontou que “com a implementação da célula, o ambiente de trabalho passou a ser mais amistoso, pois a necessidade do trabalho em equipe ficou visível, trazendo um compromisso maior dos funcionários com a empresa”.

##### 4.2. As regras

As regras são restrições necessárias para dirigir o comportamento das unidades no sentido de suas finalidades. A fixação de regras tem por objetivo dar coerência ao conjunto de ações realizado pelos diferentes elementos que compõem o sistema. As regras são a materialização do controle. Elas fragmentam, tornam rotineiro e limitam o processo de tomada de decisão afim de torná-lo praticável.

Em um grupo social, regras são as restrições que moldam e tornam mais previsíveis as ações dos indivíduos. As regras, dessa forma, determinam o comportamento global do grupo.

Elas são princípios (ou referências) de ação que guiam as decisões dos indivíduos. Como as regras devem ser conhecidas por todos, elas tornam o comportamento do grupo mais previsível.

Assim como em qualquer organização (ou sociedade), em um canteiro de obras também há um conjunto de regras que direcionam o trabalho para um objetivo comum e restringem o comportamento dos operários. As células de produção devem possuir autonomia para criar suas próprias regras, visando melhoria nos seus procedimentos e operações, desde que não entre em conflito com nenhuma regra da escala de planejamento ou coordenação (controle).

#### *4.3. A autonomia*

O funcionamento da organização é baseado em dois aspectos chaves: a existência de regras (controle) e a autonomia. A autonomia permite que os elementos que compõem os sistemas possam expressar suas potencialidades e assim contribuir com o aperfeiçoamento do funcionamento global da organização. A autonomia se desenvolve nos espaços de ação (ou decisão) deixados pelo controle.

Uma pesquisa de Patussie e Heinneck em 2006 identificou o potencial da autonomia das células de produção quando em um canteiro de obras os operários procuraram realizar as tarefas de modo a evitarem paradas futuras executando primeiramente as tarefas que poderiam atrasar etapas posteriores, o que de maneira alguma ocorria quando o planejamento era central. Também autonomamente, os profissionais dividiram as tarefas e os serventes auxiliaram ora um ora outro profissional, fornecendo os materiais na hora certa para evitar paradas desnecessárias.

A pesquisa citada anteriormente apontou redução de 26,97% do tempo para a execução das atividades e economia de 30% em custos.

#### *4.4. A economia das complexidades*

As estruturas dos sistemas complexos não se formaram por acaso. Elas permitem uma economia significativa no “custo de organização” (considerada como proporcional ao número de inter-relações entre elementos do sistema necessárias à transmissão de um dado para todos os elementos) e no “custo de transmissão” da informação entre elementos do sistema (proporcional à energia gastada para a transmissão). Assim, um aspecto importante a considerar na concepção de estruturas é o fato que as estrutura baseadas no modelo estrutural

dos sistemas complexos são mais econômicas em termos de custos de organização e tratamento de informação.

Partindo deste ponto de vista, as células devem possuir número de componentes tal qual a sua capacidade de processamento e transmissão de informações, variável conforme o grau de instrução e a experiência dos indivíduos que formam a equipe.

O líder da equipe também deve manter comunicação adequada com as outras células e também com os superiores, lembrando que a heterarquia prevê que as células sejam autônomas na busca por melhores soluções e que a base da cooperação é a busca por um objetivo comum.

#### *4.5. A auto-organização*

A auto-organização é um processo autônomo de evolução de um sistema que lhe permite definir suas próprias finalidades e adaptar sua estrutura e sua organização para alcançar suas metas. Para evoluir os sistemas naturais têm que integrar o ruído (desordem) no seu funcionamento (Atlan, 1979).

É preciso entender que a criatividade está no coração desse processo, e, portanto, define as possibilidades de progresso do sistema. É através das diferenças oriundas do processo dialógico que o sistema chega a novos estados desconhecidos, e assim, pode escolher novas alternativas de funcionamento e de ação.

A estruturação de unidades em grupos autônomos facilita o treinamento e a utilização da experiência múltipla para resolver os problemas. A heterogeneidade dos indivíduos que integram os grupos é um potencial importante para introduzir «a desordem/variedade» necessária à evolução do sistema.

O estudo de Patussie e Heinneck (2006) evidencia o princípio da auto-organização quando dentro da própria equipe o profissional mais experiente naturalmente começou a distribuir as tarefas e fiscalizar os serviços. Além disso, os autores observaram que o treinamento em diversas atividades da equipe de ajudantes (polivalência) possibilitou que em inúmeras oportunidades eles substituíssem outros ajudantes ou até mesmo profissionais, melhorando assim o fluxo de produção. Também observaram que, ao delegar a responsabilidade pela qualidade dos serviços a esta equipe, aflorou a preocupação por parte dos operários não apenas com as operações, mas também pelos processos.

## 5. Conclusão

Buscou-se apresentar a importância da composição de células de produção multiespecializadas, já que as mesmas terão maior facilidade na resolução de problemas. Da mesma forma, evidenciou-se que células autônomas facilitam que seus componentes possam expressar suas potencialidades.

Assim, para a implementação das células de produção no canteiro de obras dentro de uma perspectiva dos sistemas complexos, faz-se necessário uma série de mudanças, tais como a qualificação dos trabalhadores, encarregados e engenheiros, além de uma readequação nos papéis destes na gestão.

Com base nos estudos apresentados evidenciou-se fatores positivos que uma abordagem sistêmica pode proporcionar em células de produção, como o aumento da produtividade e da qualidade do serviço/produto final, fruto da maior motivação e valorização de seus colaboradores.

Em razão do que foi apresentado, conclui-se que, a abordagem sistêmica pode contribuir de maneira eficaz na observação de problemas complexos e na modelagem e reorganização de processos.

## REFERÊNCIAS

- Alarcón, L. (1997). *Lean Construction*. Rotterdam: A. A. Balkema.
- Atlan, H. (1979). *Entre le cristal et la fumée. Essai sur l'organisation du vivant*. Paris: Éditions du Seuil.
- Botero, L. F., Villa, M. E. Á. (2003). Identificación de Pérdidas en El Proceso Productivo de la Construcción. *Revista Universidad EAFIT*, 130.
- Gonzalez, E. F., Jungles, A. E. (2003). Análise de Produtividade em uma Obra Planejada e Controlada de Forma Sistêmica. *Anais do SIBRAGEC - III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção*. São Carlos.
- Iarozinski, N. A., Leite, M. S. (2010). A abordagem sistêmica na pesquisa em Engenharia de Produção. *Revista Produção Online*, 20(1).
- Isatto, E. L., Formoso, C. T., Cesare, C. M., Hirota, E. H., Alves, T. C. L. (2000). *Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil*. Porto Alegre: SEBRAE: 177.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford University. Technical Report number 72.
- Le Moigne, Jean-Louis. (1990). *La modélisation des systèmes complexes*. Paris: Dunod.
- Lean Institute Brasil (2015). *Lean Thinking*. Disponível em: <http://www.lean.org.br>. Acesso em: 10 de Maio, 2015.
- Mariz, R., Picchi, F. (2014). Aplicação de célula de produção no serviço de execução de fachada: um estudo de caso na construção civil. *Revista Produção Online*, 14(2): 703-719.

- Massa, H. (2002). Fondements de la pratique de l'approche systémique en travail social: l'approche systémique. *Les Cahiers de l'ACTIF*, (308-309), 9-28.
- Moser, L., Santos, A. (1997). Análise dos impactos da adoção de célula de manufatura com estratégia de implementação da lean production. Anais do *Encontro nacional de Engenharia de Produção*.
- Ohno, T. (1997). *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman.
- Pattussi, F. A., Heinneck, L. F. (2006). *A utilização de conceitos de produção enxuta na constituição de células de produção em obras de pequeno porte*. Workshop desempenho de sistemas construtivos.
- Picchi, F. A. (2003). Oportunidades da aplicação do LeanThinking na construção. *Revista Ambiente Construído*, 3(1): 7-23.
- Rother, M., Harris, R. (2002). *Criando fluxo contínuo— um guia de ação para gerentes engenheiros e associados da produção*. Lean Institute Brasil, São Paulo, SP.
- Shook, J., Rother, M. (1999). *Aprendendo a Enxergar*. Lean Institute Brasil, São Paulo, SP.
- Simon, H. (1969). *As ciências do artificial*. Coimbra: Sucessor.
- Shingo, S. (1996). *O sistema toyota de produção: do ponto de vista da engenharia da produção*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Tavares, C. B. P., Heineck, L. F. M., Leite, M. O., Pereira, P. E., Rocha, F. E. M. (2004). A constituição de células de trabalho na programação de obras em edifícios. *Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável*.
- Tubino, D. F. (1999). *Sistemas de Produção: A produtividade no chão de fábrica*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Ugulino, J. (2011). *Implementação de células móveis de produção alinhadas com a técnica de linha de balanço para melhorias dos processos produtivos*. Dissertação de Mestrado. Belém, PA.